

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK GEOKIMIA ENDAPAN NIKEL LATERIT DAERAH
BENTE KECAMATAN BUNGKU TENGAH KABUPATEN MOROWALI
PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan oleh

AINUL IKHWAN

D61116002



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK GEOKIMIA ENDAPAN NIKEL LATERIT DAERAH BENTE, KECAMATAN BUNGKU TENGAH, KABUPATEN MOROWALI PROVINSI SULAWESI TENGAH

Disusun dan diajukan oleh :

AINUL IKHWAN
D61116002

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 15 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

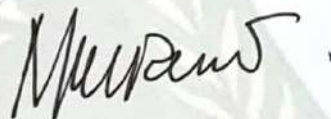
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Sultan, S.T., M.T.
NIP. 197007051997021002

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Musri Ma'waleda., M.T.
NIP. 196112311989031019

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T, M.Eng
NIP. 19700705 199702 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ainul Ikhwan
NIM : D61116002
Program studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

“KARAKTERISTIK GEOKIMIA ENDAPAN NIKEL LATERIT DAERAH BENTE, KECAMATAN BUNGU TENGAH, KABUPATEN MOROWALI PROVINSI SULAWESI TENGAH”

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 10 Juli 2023

Yang Menyatakan



Ainul Ikhwan

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *subhanahu wata'ala* atas segala berkah dan rahmat serta atas seizin-Nya sehingga penyusunan Skripsi dengan judul **“Karakteristik Geokimia Endapan Nikel Laterit Daerah Bente, Kecamatan Bungku Tengah, Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah”** ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Shalawat dan salam juga senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah *shallallahu 'alaihi wasallam* yang telah menjadi teladan terbaik bagi umat manusia.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai suatu langkah untuk menyelesaikan strata satu pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Sultan, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dengan ikhlas dan sabar selama penyusunan laporan.
2. Bapak Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M.T sebagai dosen pendamping yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dengan ikhlas dan sabar selama penyusunan laporan.
3. Dosen Penguji Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Dr.-Eng. Asri Jaya HS, S. T., M.T.

4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T, M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingannya selama ini.
6. Bapak dan Ibu staf Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu.
7. Kanda Anwar Anas Lagata S.T, yang telah memberikan bimbingan, arahan, selama melaksanakan pengambilan data.
8. Rekan-rekan Jurassic, mahasiswa Teknik Geologi Angkatan 2016 atas kebersamaannya saat proses pengambilan data hingga penyusunan laporan.
9. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Geologi Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH) yang telah banyak memberikan dukungan kepada penulis.
10. Kedua orang tua tercinta beserta kakak dan adik yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik moril maupun materil.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sampaikan yang juga telah banyak membantu dan mendoakan.

Penulis menyadari banyaknya ketidaksempurnaan yang terdapat pada tulisan ini. Olehnya itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Akhir kata semoga pada tulisan ini terdapat keberkahan dan dapat bernilai positif bagi para pembaca maupun penulis.

Makassar, 7 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Halaman.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Pernyataan Keaslian.....	iii
Kata Pengantar	xi
Daftar isi	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	x
Sari	xi
Abstract	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Maksud dan Tujuan.....	3
1.5 Alat dan Bahan.....	3
1.6 Letak dan Kesampaian Daerah Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Geologi Daerah Penelitian.....	6
2.1.1 Geomorfologi Daerah Penelitian.....	6
2.1.2 Stratigrafi Daerah Penelitian	7
2.1.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian	9
2.2. Endapan Laterit	10
2.2.1 Nikel Laterit	10
2.2.2 Batuan Dasar	12
2.2.2 Geokimia Endapan Laterit.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Metode Penelitian.....	23
3.2 Tahapan Penelitian	23

3.2.1. Tahap Persiapan.....	23
3.2.2. Tahap Pengambilan Data	24
3.2.3. Tahap Analisis Laboratorium	24
3.2.4. Tahap Analisis dan Interpretasi Data.....	25
3.2.5. Tahap Penyusunan Dan Interpretasi laporan.....	25
BAB IV ANALISIS DATA	23
4.1 Analisa Sempel.....	27
4.2 Perbandingan Kadar $Fe_2O_3 - MgO - SiO_2$	28
4.3 Analisis Petrografi.....	30
4.4 Analisis Rasio Kadar SiO_2/MgO dan LOI.....	32
4.5Analisa Unsur Kimia <i>Hand Auger</i>	36
BAB V PENUTUP.....	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46

LAMPIRAN

- Peta Sebaran Ni
- Peta Sebaran Fe
- Peta Sebaran SiO_2
- Peta Sebaran Al_2O_3
- Peta Sebaran Cr_2O_3
- Peta Sebaran MgO
- Petrografi
- Deskripsi Stasiun
- XRD
- XRF

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta tunjuk lokasi daerah penelitian	5
Gambar 2.1	Peta geologi regional di sekitar daerah penelitian, lembar Bungku (T.O Simandjuntak, 1993)	10
Gambar 2.2	Klasifikasi batuan ultramafic (Streckeisen,1974)	16
Gambar 2.3	Klasifikasi batuan ultramafic (Streckeisen,1974)	20
Gambar 3.1	Kenampakan lapangan pengambilan sampel Hand Auger pada Hole_D1 dengan arah foto N 143°.	24
Gambar 3.2	Proses mixing (homogenisasi) dan kuartering sampel hand.	25
Gambar 3.3	Diagram alur penelitian	26
Gambar 4.1	Triplot diagram kadar Fe ₂ O ₃ – MgO – SiO ₂ menunjukkan sampel permukaan yang diambil adalah merupakan kelompok limonit	29
Gambar 4.2	Sayatan tipis SGCA05 Lhersolit terserpentinisasi	31
Gambar 4.3	Sayatan tipis sampel SGCA07 dari batuan Serpentininit.	31
Gambar 4.4	Sayatan tipis sampel SGCA11 dari batuan Harzburgit Terserpentinisasi	32
Gambar 4.5	Diagram kadar LOI – MgO – SiO ₂ menunjukkan sampel batuan segar ultramafik mengalami proses serpentinisasi	33
Gambar 4.6....	Grafik kedalaman dan perubahan unsur <i>Hand Auger</i> HSGCA01	36
Gambar 4.7	Grafik kedalaman dan perubahan unsur <i>Hand Auger</i> HSGCA02	37

- Gambar 4.8 Grafik kedalaman dan perubahan unsur *Hand Auger* HSGCB03.... 38
- Gambar 4.9 Grafik kedalaman dan perubahan unsur *Hand Auger* HSGCB04.... 39
- Gambar 4.10 Grafik kedalaman dan perubahan unsur *Hand Auger* HSGCC01.... 40
- Gambar 4.11 Grafik kedalaman dan perubahan unsur *Hand Auger* HSGCC02.... 41
- Gambar 4.12 Grafik kedalaman dan perubahan unsur *Hand Auger* HSGCD01 ... 42
- Gambar 4.13 Grafik kedalaman dan perubahan unsur *Hand Auger* HSGCD02 ... 42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Peran beberapa unsur selama pelapukan laterit (Ahmad, 2009)	12
Tabel 2.2	Klasifikasi Imobile element pada laterit (Ahmad,2006)	22
Tabel 4.1	Hasil analisa XRF sampel tanah permukaan.....	30
Tabel 4.2	Hasil analisa XRF sampel batu permukaan.....	32
Tabel 4.3	Hasil analisa XRF sampel tanah Hand auger.	34
Tabel 4.4	Hasil analisa XRD beberapa sampel pemetaan.	34
Tabel 4.5	Nilai kadar unsur kimia hand auger HSGCA01.....	36
Tabel 4.6	Nilai kadar unsur kimia hand auger HSGCA02.....	37
Tabel 4.7	Nilai kadar unsur kimia hand auger HSGCB03.....	38
Tabel 4.8	Nilai kadar unsur kimia hand auger HSGCB04.....	39
Tabel 4.9	Nilai kadar unsur kimia hand auger HSGCC01.....	40
Tabel 4.10	Nilai kadar unsur kimia hand auger HSGCC02.....	41
Tabel 4.11	Nilai kadar unsur kimia hand auger HSGCD01.....	42
Tabel 4.12	Nilai kadar unsur kimia hand auger HSGCD02.....	43

SARI

Dewasa ini nikel merupakan salah satu bahan campuran material logam yang sangat di butuhkan dalam dunia industri. Banyaknya kegunaan dari nikel membuat kebutuhan akan material ini mengalami peningkatan, tercatat pada tahun 2019 konsumsi nikel primer dunia sebesar 2,41 juta ton nilai ini mengalami peningkatan sebesar 4,4% dibandingkan tahun 2018 dan terus mengalami peningkatan sejak tahun 2021. Penelitian ini dilakukan dengan analisis laboratorium mencakup preparasi sampel berupa preparasi sayatan tipis (Thin section) yang bertujuan untuk dapat menganalisis jenis batuan dan kandungan mineral yang ada pada batuan. Analisis X Ray Fluoresence (XRF) guna mengetahui unsur kimia seperti Ni, Fe, Mg, Al, Si, Co, Mn, Cr, dan Ca. Serta analisis X Ray Diffraction (XRD) guna mengetahui komposisi mineral pada sampel.

Hasil assay kandungan kimia Ni, Fe, MgO, Al, Mn, Cr, SiO₂ dll., mengindikasikan sebagai normal laterite pada umumnya. Perbandingan Kadar Fe₂O₃ – MgO – SiO₂ menunjukkan kelompok sampel termasuk dalam Limonite. Analisa petrografi menunjukkan sampel batuan dengan kode SGCA05 merupakan batuan Lherzolit Terserpentinisasi dengan komposisi mineral utama Olivin 17 – 25%, Ortopyroksin 12 – 20%, Klinopyroksin 5%, Krom-spinel 2 – 3%, dan Serpentin 50 – 60%. Sayatan tipis batuan SGCA07 menunjukkan batuan serpentin dengan komposisi mineral Serpentin 85 – 95%, Talk 10% dan Krom-spinel 2 – 5 %. Sampel dengan kode SGCD11 menunjukkan batuan Hazburgit dengan komposisi mineral Olivin 30 – 35%, Ortopyroksin 10 – 20%, Krom-spinel 2%, dan Serpentin 40 – 53%. Analisis rasio kadar SiO₂/MgO dan LOI menunjukkan batuan di wilayah penelitian mengalami serpentinisasi medium sampai kuat.

Distribusi unsur dan senyawa kimia daerah penelitian dapat ditinjau secara horisontal dan vertikal dimana distribusi secara horisontal dapat dilihat pada peta sebaran yang menunjukkan Fe dan Cr₂O₃ berkadar tinggi pada bagian Tenggara, unsur Al₂O₃ dan SiO₂ berkadar tinggi pada bagian Baratdaya. Unsur Ni berkadar tinggi pada bagian Baratdaya dan tenggara, MgO berkadar tinggi pada barat laut dan Tenggara daerah penelitian. Distribusi secara vertikal dapat dilihat pada log *Hand Auger* dimana dapat diamati kadar unsur Ni, Al₂O₃, dan SiO₂ meningkat seiring bertambahnya kedalaman, sedangkan unsur Fe Cr₂O₃, dan MgO mengalami penurunan kadar seiring bertambahnya kedalaman

Kata Kunci: XRD, XRF, Nikel Laterit, Mineralisasi

ABSTRACT

Today nickel is one of the mixed metal materials that is needed in the industrial world. The many uses of nickel make the need for this material increase. It was recorded that in 2019 the world's consumption of primary nickel was 2.41 million tonnes, this value has increased by 4.4% compared to 2018 and has continued to increase since 2021. This research was conducted by Laboratory analysis includes sample preparation in the form of thin section preparation which aims to be able to analyze the type of rock and the mineral content present in the rock. X Ray Fluorescence (XRF) analysis to determine chemical elements such as Ni, Fe, Mg, Al, Si, Co, Mn, Cr, and Ca. As well as X Ray Diffraction (XRD) analysis to determine the mineral composition of the sample.

The assay results for the chemical content of Ni, Fe, MgO, Al, Mn, Cr, SiO₂ etc., indicate normal laterite in general. Comparison of Fe₂O₃ – MgO – SiO₂ levels shows that the sample group is included in Limonite. Petrographic analysis showed that the rock sample with code SGCA05 was Serpentinized Lherzolite rock with the main mineral composition being Olivine 17 – 25%, Orthopyroxine 12 – 20%, Clinopyroxine 5%, Krom-spinel 2 – 3% and Serpentine 50 – 60%. Thin sections of SGCA07 rock show serpentinite with the mineral composition of Serpentine 85 – 95%, Talc 10% and Krom-spinel 2 – 5%. Samples with code SGCD11 show Hazburgite rocks with the mineral composition of 30-35% olivine, 10-20% orthopyroxine, 2% chrome-spinel and 40-53% serpentine. Analysis of the SiO₂/MgO content ratio and LOI showed that the rocks in the study area experienced medium to strong serpentinization.

The distribution of chemical elements and compounds in the study area can be viewed horizontally and vertically where the horizontal distribution can be seen on the distribution map which shows high levels of Fe and Cr₂O₃ in the southeastern part, high levels of Al₂O₃ and SiO₂ elements in the southwestern part. Elemental Ni is high in the southwest and southeast, MgO is high in the northwest and southeast of the study area. The vertical distribution can be seen in the Hand Auger log where it can be observed that the levels of elements Ni, Al₂O₃, and SiO₂ increase with increasing depth, while the elements Fe, Cr₂O₃, and MgO experience a decrease in levels with increasing depth.

Keywords: XRD, XRF, Nickel Laterite, Mineralization

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini nikel merupakan salah satu bahan campuran material logam yang sangat dibutuhkan dalam dunia industri. Material ini banyak digunakan sebagai bahan campuran *stainless steel*, material tahan panas, campuran tembaga, lapisan anti karat, katalisator, konstruksi bangunan, pigmen dan baterai. Banyaknya kegunaan dari nikel membuat kebutuhan akan material ini mengalami peningkatan, tercatat pada tahun 2019 konsumsi nikel primer dunia sebesar 2,41 juta ton nilai ini mengalami peningkatan sebesar 4,4% dibandingkan tahun 2018 dan terus mengalami peningkatan sejak tahun 2021. Keberadaan endapan nikel laterit umumnya banyak tersebar pada daerah-daerah seperti di Provinsi Sulawesi Selatan dijumpai pada daerah Soroako Kabupaten Luwu Timur. Selain itu, endapan nikel laterit juga dijumpai di daerah Sulawesi Tengah yaitu Kabupaten Morowali, Kabupaten Luwuk Banggai dan Provinsi Sulawesi Tenggara (Tonggiroh, 2012).

Pembentukan endapan nikel laterit sangat dipengaruhi oleh proses pelapukan dan komposisi batuan induk kedua faktor ini akan menghasilkan endapan nikel dengan karakteristik dan profil yang bervariasi (Ahmad, 2006). Perbedaan karakteristik tersebut dapat diketahui berdasarkan sifat fisik, sifat kimia, serta pengamatan sifat optik pada batuan dasar. Perbedaan sifat fisik dapat dilihat dari kenampakan permukaan batuan, sedangkan sifat kimia berupa kelimpahan unsur dan senyawa pada endapan yang dipengaruhi oleh proses

lateritisasi. Sifat kimia dapat ditentukan berdasarkan analisis geokimia, yang digunakan untuk menentukan dan mengetahui kadar unsur dan senyawa mayor dengan kandungan lebih dari 3% seperti MgO, SiO₂, Fe, dan Al, serta unsur minor dengan kandungan kurang dari 3% seperti Ni, Co, Cr, Mn, dan Ca (Rinawan dkk., 2018).

Setiap daerah memiliki endapan nikel laterit dengan karakteristik geokimia dan mineralogi yang berbeda-beda hal ini berpengaruh terhadap pola sebaran dan nilai ekonomis dari cadangan nikel laterit tersebut, maka dari itu pentingnya dilakukan penelitian tentang “Karakteristik Geokimia Endapan Nikel Laterit Daerah Bente, Kecamatan Bungku Tengah, Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah”.

1.2 Rumusan Masalah

Endapan nikel laterit memiliki karakteristik geokimia dan mineralogi yang berbeda pada setiap daerah, hal ini akan mempengaruhi cadangan serta model endapan nikel laterit yang nantinya akan berpengaruh pada tahapan produksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik mineralogi dan geokimia endapan laterit penelitian dengan membuat peta sebaran unsur senyawa mayor dan minor daerah penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu;

1. Bagaimana karakteristik mineralogi pada zona limonit endapan nikel laterit dan batuan ultrabasa daerah penelitian ?
2. Bagaimana keterdapat dan distribusi unsur dan senyawa kimia pada endapan nikel laterit daerah penelitian?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian berjalan terarah maka penulis membatasi bahasan penelitian terhadap beberapa variabel yaitu senyawa kimia dan kandungan mineral lapisan permukaan, serata kandungan kimia dan mineral batuan dasar Daerah Bente, Kecamatan Bungku Tengah, Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah.

1.4 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mineralogi dan geokimia endapan laterit Daerah Bente, Kecamatan Bungku Tengah, Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah.

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah:

- 1 Mengetahui karakteristik mineralogi pada zona limonit endapan nikel laterit dan batuan ultrabasa daerah penelitian
- 2 Mengetahui keterdapat dan distribusi unsur dan senyawa kimia pada endapan nikel laterit daerah penelitian

1.5 Alat dan Bahan

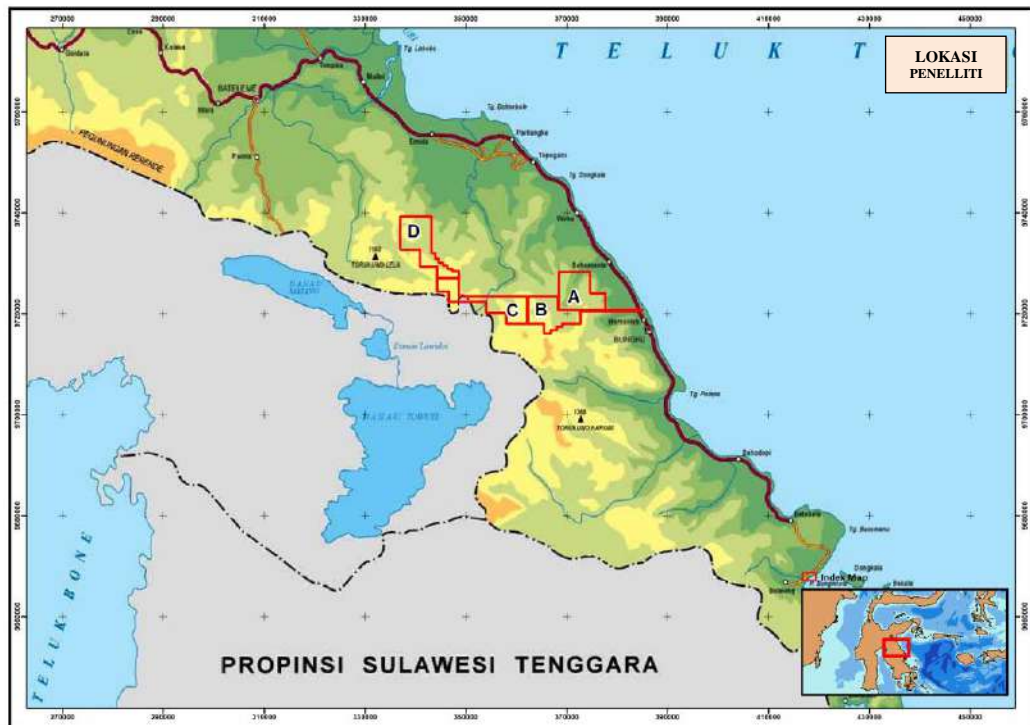
Dalam melakukan pekerjaan dilapangan diperlukan alat dan bahan sebagai penunjang efektifitas dan efisensi pekerjaan. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan:

1. 2 set Hand auger (masing masing 4 meter kedalaman)
2. Palu Geologi

3. Kompas Geologi
4. GPS
5. Kamera Digital
6. Lup perbesaran 10x
7. Parang
8. Tenda 5x7 meter
9. Kantong sampel
10. Pita warna
11. Alat-alat tulis
12. Jas Hujan
13. Karung

1. 6 Letak dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berada di Daerah Bente, Kecamatan Bungku Tengah, Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah. dengan total luas wilayah kurang lebih 22.849 Ha Perjalanan ke lokasi penelitian dapat ditempuh menggunakan jalur udarat Makassar – Bungku dengan waktu estimasi perjalanan 12 jam dan dilanjutkan menggunakan kendaraan roda empat dari Bungku menuju lokasi Penelitian sekitar 30 menit – 60 menit menggunakan kendaraan roda empat. Lokasi penelitian meliputi wilayah Desa Bumi Harapan Kecamatan Witaponda, dan Desa Bente Kecamatan Bungku Tengah, Kabupatrn Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah



Gambar 1. 1 Peta tunjuk lokasi daerah penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Daerah Penelitian

2.1.1 Geomorfologi Daerah Penelitian

Berdasarkan Peta Geologi lembar Bungku. Morfologi lokasi penelitian dapat dibagi menjadi 5 satuan, yaitu dataran rendah, dataran menengah, perbukitan bergelombang, karst dan morfologi pegunungan.

Morfologi dataran rendah umumnya mempunyai ketinggian antara 0 - 50 meter di atas muka laut. Dataran ini menempati daerah sepanjang pantai Timur, kecuali pantai dekat Todua, Tabo dan Lalompe. Batuan penyusunnya terdiri atas endapan sungai, pantai dan rawa.

Morfologi dataran menengah menempati daerah sekitar desa Tokalimbu dan Tosea yang terletak di pantai timur danau Towuti, serta daerah yang terletak antara Danau Mahalona dan Bulu Biniu. Dataran ini tersusun oleh endapan danau, dan memiliki ketinggian sekitar 300 m di atas muka laut.

Morfologi perbukitan menggelombang, berketinggian antara 100 dan 400 m di atas muka laut. Perbukitan ini menempati daerah antara Sungai Ongkaya dan Sungai Bulu Mbelu, sebelah Utara Pegunungan Verbeek, sekitar daerah Lamona, sekitar daerah Bahu Mahoni, sekitar kampung Tabo serta di sekitar Bulu Talowa. Batuan penyusun perbukitan ini ialah batuan sedimen Formasi Tomata.

Morfologi karst, memiliki ketinggian antara 400 dan 800 m di atas muka laut, dicirikan oleh adanya perbukitan karst, sungai bawah tanah dan dolina. Perbukitan karst meliputi daerah Sungai Ongkaya, Sungai Tetambahu, antara

Sungai Bahu Mbelu dan Sungai Wata, Gunung Wahombaja, serta daerah perbukitan selatan membentang dari Pegunungan Wawoombu di Barat sampai Pegunungan Lalompa di Timur. Daerah perbukitan karst ditempati oleh batuan karbonat dari Formasi Tokala, Formasi Matano, dan Formasi Salodik.

Morfologi pegunungan menempati hampir separuh daerah lembar, yakni pegunungan sekitar punggung pemisah air Bulu Karoni yang ke arah Barat laut-Tenggara, serta punggung pemisah air Wawoombu yang arahnya Baratdaya-Timur laut.

Puncak-puncaknya antara lain Bulu Lampesu dan Bulu Karoni. Pola aliran sungai umumnya meranting, beberapa sungai memiliki pola hampir sejajar, yaitu Sungai Bahodopi, dan Sungai Wosu. Sungai - sungai yang terletak di sebelah Timur punggung pemisah air Bulu Karoni, mengalir ke arah Timur dan bermuara di Teluk Tolo yang terletak di sebelah Barat punggung pemisah air Bulu Karoni dan Wawoombu mengalir ke arah Barat dan bermuara di Danau Towuti. Sedangkan sungai yang terletak antara punggung pemisah air Wawoombu dan Bulu Karoni mengalir ke arah selatan dan bermuara di Teluk Tolo dekat Kendari di luar lembar Bungku

2.1.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Secara stratigrafi regional urutan satuan geologi termuda sampai tertua pada daerah penelitian adalah:

FORMASI TOKALA (TrJt): perselingan batugamping klastika, batupasir sela, wacke, serpih, napal dan lempung pasir dan sisipan argilit. Batugamping klastika, berwarna kelabu muda, kelabu sampai merah jambu, berbutir halus,

sangat padu, serta memiliki perlapisan yang baik, dengan kekar yang diisi urat kalsit putih kotor. mengandung fosil Halobia, Amonit dan Belemnit yang diperkirakan berumur Trias-Jura Awal dan lingkungan laut dangkal (neritik) Formasi Tokala tersingkap di bagian Selatan dan Tenggara lembar. Sedang nama Formasi berdasarkan pada tempat singkapan yang baik di Gunung Tokala, lembar Batui (Surono, Dr., 1984) Satuan batuan ini berketebalan melebihi 1000 m, secara selaras tertindih Formasi Nanaka dan secara tektonik bersentuhan dengan batuan ultramafik.

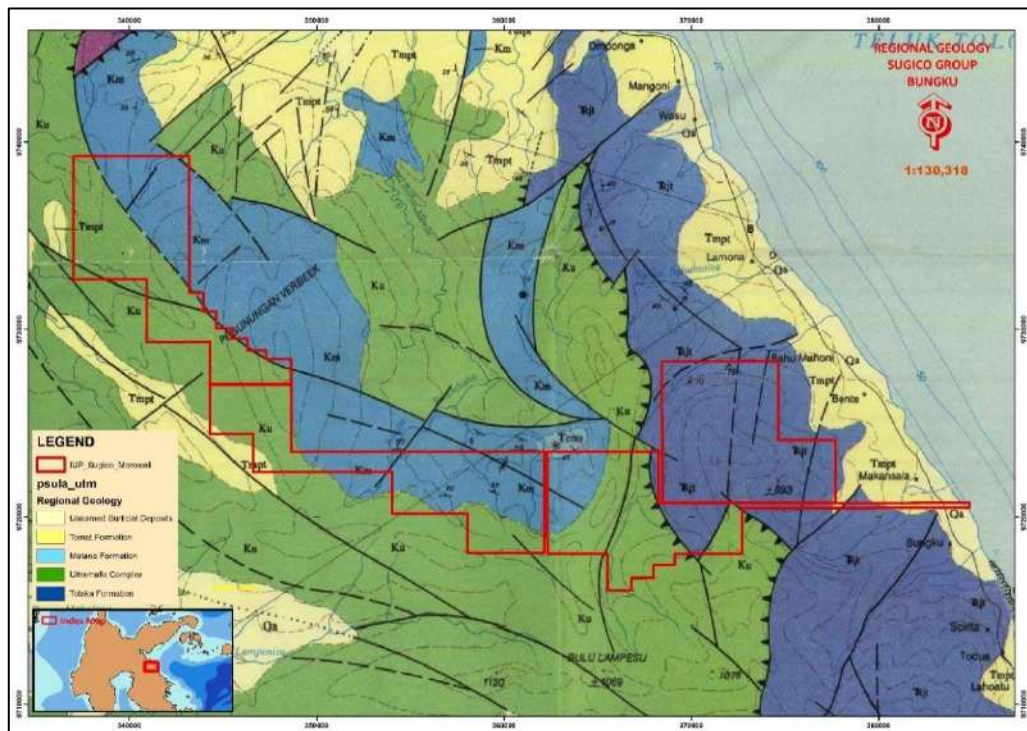
FORMASI MATANO (Km): kalsilit, napal, serpih dan rijang. Kalsilit, berbutir halus, berwarna kelabu, padat dan keras, lapisannya baik, tebal lapisan berkisar antara 10-15 cm. Napal, berwarna kelabu, berlapis baik, padat dan keras, tebal masing-masing lapisan mencapai 15 cm. Setempat sisipan rijang setebal 10 cm. Serpih, berwarna kelabu, berlapis baik dan padat. Tebal tiap lapisannya sampai 5 cm. Rijang, berupa sisipan dalam batugamping dan napal. Tebal sisipan sampai 10 cm, berwarna merah sampai coklat kemerahan. Tebalnya sekitar 550 m. Formasi Matano tertindih secara selaras oleh Formasi Salodik. Di beberapa tempat persentuhan tektonik dengan batuan ultramafik; hubungan dengan batuan sediment yang lebih tua tidak jelas. Sungai Koolhoven (1932) menyebutnya lapisan Matano Atas.

KOMPLEKS ULTRAMAFIK (Ku): harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentinit, dunit, diabas dan gabbro. Harzburgit, berwarna hijau sampai kehitaman, padat dan pejal setempat ada perhaluan komposisi mineral tersusun dari mineral halus sampai kasar, terdiri atas Olivin (sekitar 55 %), dan

Piroksin (sekitar 35 %), serta mineral Serpentin sebagai hasil ubahan Piroksin dan Olivin (sekitar 10 %), Lherzolit, berwarna hijau kehitaman, pejal dan padat, berbutir sedang hingga kasar hipidiomorf. Setempat mineral Olivin berubah jadi Serpentin dan Talk, juga jadi Idingsit coklat kemerahan. Websterit, berwarna hijau kehitaman, padat dan pejal. Terutama tersusun oleh mineral Olivin dan Piroksin-kliно, berukuran halus sampai sedang, serta hampir seluruh kristalnya terbentuk anedral. Serpentin hasil ubahan Olivin dan Piroksin terutama mengisi rekahan kristal berubah, dan membentuk struktur jala. Di beberapa tempat batuan ini berubah kuat. Dunit, berbutir halus sampai kasar, berwarna kehijauan, pejal dan padat. Setempat tampak porfiroblastik. Susunan mineral terdiri atas Olivin (sekitar 90 %), Piroksin, Plagioklas dan bijih; mineral ubahan terdiri atas Serpentin, Talk, dan Klorit, masing- masing hasil ubahan Olivin dan Piroksin.

2.1.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Struktur utama di daerah ini adalah sesar dan lipatan. Sesar meliputi sesar turun, sesar geser, sesar naik dan sesar sungkup. Penyesaran di duga berlangsung sejak Mesozoikum. Sesar Matano merupakan sesar utama dengan arah Baratlaut-Tenggara. Sesar ini menunjukkan gerakan mengiri (sinistral), diduga bersambung dengan sesar Sorong. Keduanya merupakan suatu system sesar jurus yang mungkin telah terbentuk sejak Oligosen. Kelanjutannya diperkirakan pada Sesar Palu-Koro yang menunjukkan gerakan mengiri. Sesar yang lain di daerah ini lebih kecil dan merupakan sesar tingkat kedua atau mungkin tingkat ketiga. Lipatan yang terdapat di lembar ini tergolong lipatan terbuka, tertutup, dan bergelombang.



Gambar 2.1 Peta geologi regional di sekitar daerah penelitian, lembar Bungku (T.O Simandjuntak, 1993)

2.2. Endapan Laterit

2.2.1 Nikel Laterit

Nikel laterit merupakan salah satu mineral logam hasil dari proses pelapukan kimia batuan ultramafik yang mengakibatkan pengkayaan unsur Ni, Fe, Mn, dan Co secara residual dan sekunder. Nikel laterit dicirikan oleh adanya logam oksida yang berwarna coklat kemerahan mengandung Ni dan Fe (Cahit et al., 2017). Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah morfologi, batuan asal dan tingkat pelapukan. Tingkat pelapukan yang tinggi sangat berperan terhadap proses lateritisasi (Tonggiroh et al., 2012). Proses terbentuknya nikel laterit dimulai dari proses pelapukan yang intensif pada batuan peridotit, selanjutnya infiltrasi air hujan masuk ke dalam zona retakan

batuan dan akan melarutkan mineral yang mudah larut pada batuan dasar. Mineral dengan berat jenis tinggi akan tertinggal di permukaan sehingga mengalami pengkayaan residu seperti unsur Ca, Mg, dan Si. Mineral lain yang bersifat mobile akan terlarutkan ke bawah dan membentuk suatu zona akumulasi dengan pengkayaan (supergen) seperti Ni, Mn, dan Co (Golightly, 1979).

Nikel laterit merupakan endapan mineral yang berasal dari proses pelapukan kimiawi dan pengayaan supergen dengan kondisi suhu cukup tinggi berkisar antara 27 – 31°C, curah hujan yang cukup tinggi, dan dikontrol oleh pergerakan fluktuatif muka air tanah pada saat pembentukannya (Wardhani dan Yuwanto, 2021). Nikel laterit dicirikan oleh adanya logam oksida berwarna coklat kemerahan yang mengandung Ni dan Fe (Cahit et al., 2017). Endapan nikel laterit berasal dari batuan beku ultramafik yang berada di permukaan bumi dan banyak di temukan pada endapan hasil pelapukan batuan beku peridotit yang kaya akan mineral olivin, piroksin dan hornblend, dunit yang kaya akan mineral olivin, piroksinit yang kaya akan mineral ortopiroksin dan klinopiroksin, serta serpentinit yang kaya akan mineral serpentin. Proses pelapukan pada batuan peridotit menyebabkan unsur-unsur dengan mobilitas rendah sampai immobile seperti Ni, Fe dan Co yang mengalami pengayaan secara residual dan sekunder. Perilaku berbagai unsur selama proses laterisasi pada dasarnya dikendalikan oleh dua faktor yaitu sifat kimia tertentu dari unsur itu sendiri (geokimia) dan kondisi lingkungan yang berlaku (suhu, curah hujan, kondisi batuan, dan kondisi pH). Peranan unsur pada pelapukan laterit dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Peran beberapa unsur selama pelapukan laterit (Ahmad, 2009).

<i>Element</i>	<i>Exists in the ultramafics as</i>	<i>Role during lateritic weathering</i>
Ca	Cpx > Opx > Oliv	<i>Highly mobile. Leached away</i>
Na	<i>Very Little</i>	<i>Highly mobile. Leached away</i>
Mg	Oliv > Opx > Cpx	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals</i>
K	<i>Very Little</i>	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals</i>
Si	Opx > Cpx > Oliv	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals and silica boxwork</i>
Mn	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Forms oxide (pyrolusite) and hydroxides (manganite, pyrochroite & psilomelane)</i>
Co	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Follows manganese</i>
Ni	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Forms nickel serpentine, nickel talc, nickel chlorite and nickel clays</i>
Al	Cpx > Opx > Oliv	<i>Non-mobile. Stays behind as boehmite, bauxite & gibbsite</i>
Cr	Cpx > Opx > Oliv	<i>Non-mobile. Stays behind as chromite</i>
Fe	Oliv > Opx > Cpx	<i>Non-mobile. Stays behind as oxides (hematite maghemite) and hydroxides (turgite, goethite, hydrogoethite, limonite, ferrihydrate, xanthosiderite & esmeraldaite)</i>

2.2.2 Batuan Dasar

Adanya batuan asal merupakan syarat utama untuk terbentuknya endapan nikel laterit. Batuan asal yang berperan penting dalam pembentukan nikel laterit berupa batuan ultramafik seperti peridotit, piroksinit dan dunit. Menurut Ahmad (2002), Batuan Ultramafik merupakan batuan yang terdiri dari mineral-mineral yang bersifat mafik (ferromagnesian), seperti olivin, piroksin, hornblend dan mika. Semua batuan ultramafik memiliki indeks warna >70%. Perlu diperhatikan

bahwa istilah “ultrabasa” dan “ultramafik” tidak identik. Sebagian besar batuan ultramafik juga ultrabasa, sementara tidak semua batuan ultrabasa yang ultramafik. Dengan demikian batuan yang kaya akan feldspathoid merupakan ultrabasa namun bukan batuan ultramafik, karena tidak mengandung mineral ferromagnesian (Ahmad, 2002). Berikut adalah jenis – jenis dari batuan ultramafik, antara lain:

1. Peridotit

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultramafik yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri dari atas harsburgit, lertzolit, werlite dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral – mineral holokristalin dengan ukuran medium – kasar dan berbentuk anhedral. Komposisinya terdiri dari olivin dan piroksin. Mineral asesorisnya berupa plagioklas, hornblende, biotit dan garnet.

2. Piroksinit

Menurut Ahmad (2002), piroksinit merupakan kelompok batuan ultramafik monomineral dengan kandungan mineral yang hampir sepenuhnya adalah piroksin. Dalam hal ini Piroksinit diklasifikasikan lebih lanjut apakah masuk kedalam Piroksin ortorombik atau monoklin.

- a. Orthopyroxenites: Bronzitites
- b. Clinopyroxenites: Diopsidites; diallagites

3.Hornblendit

Hornblendit merupakan batuan ultramafik monomineral dengan komposisi mineral sepenuhnya hornblende.

4.Dunit

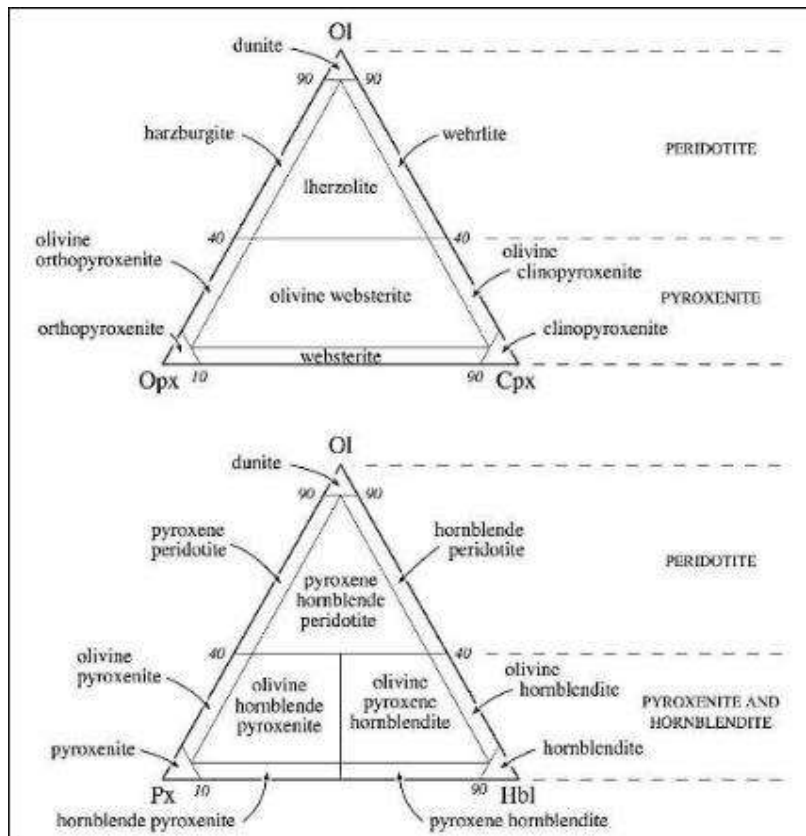
Merupakan batuan yang hampir murni olivin (90-100%), umumnya hadir sebagai forsterit atau kristolit, terdapat sebagai sill atau korok-korok halus dalam dimensi kecil. Ahmad (2002), menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivine (umumnya magnesia olivin), mineral asesorisnya meliputi kromit, magnetit, ilmenit dan spinel. Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma dan sebelum mendingin pada temperatur tersebut, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivine anedral yang saling mengikat. Terbentuk batuan yang terdiri dari olivine murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (liquid) berkomposisi olivine memisah dari larutan yang lain.

5.Serpentinit

Serpentinit merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultramafik, dimana mineral-mineral olivin dan piroksin jika teralterasi akan membentuk mineral serpentin. Serpentin sangat umum memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, peridotit (Ahmad, 2002). Serpentinit dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasidari mantel ultramafik (mantel peridotit dan dunit). Dibawah pegunungan tengah samudera (mid Oceanic Ridge) pada temperatur <500oC.

Batuan ultramafik mengandung mineral-mineral yang kurang stabil dan mudah melapuk seperti olivin dan piroksin. Oleh karena itu, batuan ultramafik mempunyai komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel. Batuan induk endapan nikel laterit adalah batuan ultramafik.

Adanya batuan asal merupakan syarat utama untuk terbentuknya endapan nikel laterit. Batuan asal yang berperan penting dalam pembentukan nikel laterit berupa batuan ultramafik seperti peridotit dan dunit. Batuan ultramafik mengandung mineral-mineral yang kurang stabil dan mudah melapuk seperti olivin dan piroksin. Oleh karena itu, batuan ultramafik mempunyai komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel. Batuan induk endapan nikel laterit adalah batuan ultramafik. Klasifikasi batuan ultramafic dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2. 2 Klasifikasi batuan ultramafic (Streckeisen,1974)

2.2.3 Serpentinisasi

Serpentinisasi menurut Palandri dan Reed (2004) adalah suatu reaksi eksotermis, hidrasi di mana air bereaksi dengan mineral mafik seperti olivin dan piroksen untuk menghasilkan lizardit, antigorit dan / atau krisotil. Menurut Ahmad (2006) ada beberapa hal terjadinya proses serpentinisasi adalah adanya penambahan air, adanya pelarutan magnesia (atau penambahan silika), adanya pelepasan besi dalam olivin (Fe, Mg) , konversi besi yang lepas dari ikatan ferro (Fe²⁺) menjadi ferri (Fe³⁺) untuk membentuk magnetit berbutir halus. Akibatnya batuan terserpentinisasi umumnya akan menjadi lebih magnetik. Peran atau kemunculan mineral serpentin pada batuan dasar penghasil laterit terkadang

memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap karakterisasi tanah laterit yang ada.

Secara umum batuan dasar penghasil tanah laterit merupakan batuan-batuan ultramafik dimana batuan yang rendah akan unsur Si, namun tinggi akan unsur Fe, Mg dan terdapat unsur Ni yang berasal langsung dari mantle bumi. Kehadiran mineral serpentin pada batuan ultramafik menjadi suatu peranan penting dalam pembentukan karakteristik tanah laterit yang ada terutama pada pengkayaan unsur logam Ni pada tanah laterit. Proses serpentinisasi akan menyebabkan perubahan tekstur mineralogi dan senyawa pada mineral olivin maupun piroksen pengurangan atau perubahan komposisi unsur Mg, Ni dan Fe pada mineralnya.

2.2.4 Faktor Pengontrol Laterit

Terdapat beberapa faktor yang dapat mengontrol pembentukan endapan nikel laterit, yaitu:

a) Iklim

Iklim memiliki peran penting dalam terbentuknya endapan laterit. Temperatur yang hangat dan curah hujan yang tinggi dan ditambah dengan aktivitas biogenik yang tinggi akan mempercepat proses pelapukan kimia. Daerah beriklim tropis dengan temperatur lebih dari 20°C yang cenderung tetap sepanjang tahun merupakan daerah yang sangat ideal untuk pembentukan endapan laterit (Ahmad, 2006). Menurut Ellias (2005) curah hujan menentukan jumlah air yang melewati tanah, sehingga mempengaruhi intensitas pencucian. Sebenarnya tingkat

curah hujan dapat bervariasi yang nantinya akan membentuk tanah laterit yang berbeda- beda pula

b) Topografi

Topografi akan mempengaruhi pola aliran air. Kelerengan dan relief mempengaruhi intensitas air yang masuk ke dalam tanah atau batuan dan muka air tanah (Elias, 2005). Topografi / morfologi yang tidak curam tingkat kelerengannya, maka endapan laterit masih mampu untuk ditopang oleh permukaan topografi sehingga tidak terangkut semua oleh proses erosi ataupun ketidakstabilan lereng (Maulana,2013). Menurut (Ahmad, 2008) tanah laterit membutuhkan topografi yang tidak begitu curam. Permukaan tanah yang curam akan mempercepat erosi pada tanah laterit. Topografi yang terlalu datar dengan drainase yang buruk juga tidak begitu bagus, hal ini menyebabkan pencucian berjalan kurang maksimal sehingga tanah laterit sulit terbentuk.

c) PH

Menurut (Ahmad, 2008) kelarutan mineral akan meningkat di perairan yang memiliki kadar pH yang rendah. Dengan demikian, air yang sedikit asam akan mempercepat proses pelapukan kimia. Air asam banyak terbentuk pada iklim tropis basah melalui hujan asam alami.

d) Tektonik

Tektonisme dapat menghasilkan pengangkatan yang menyebabkan tanah atau batuan tersingkap dan mempercepat proses erosi, menurunkan muka air tanah, dan merubah relief. Untuk menghasilkan pembentukan endapan laterit yang

stabil diperlukan kondisi tektonik yang stabil karena dapat mengurangi proses erosi dan memperlambat gerak air tanah (Elias, 2005)

e) Struktur

Struktur geologi memiliki peran penting dalam pembentukan endapan laterit. Adanya struktur geologi seperti sesar dan kekar akan membuat batuan menjadi permeabel sehingga memudahkan air untuk dapat masuk ke dalam batuan. Masuknya air ke dalam batuan akan memudahkan proses pelapukan kimia sehingga laterisasi dapat berjalan dengan baik (Elias, 2005).

f) Batuan Asal

Laterit Ni – Fe menurut (Ahmad, 2006) dapat berkembang pada batuan yang mengandung mineral ferromagnesian yang cukup. Oleh karena itu batuan ultramafik merupakan batuan yang paling cocok untuk menghasilkan laterit Ni – Fe karena memiliki proporsi mineral ferromagnesian yang tinggi

2.3. Mineralogi dan Geokimia Endapan Laterit

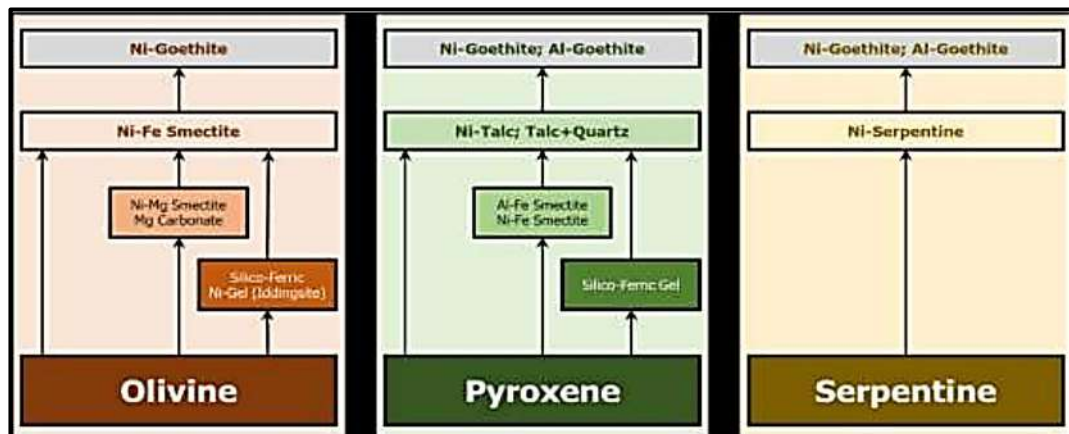
2.3.1 Mineralogi Endapan Nikel Laterit

Mineral-mineral primer pada batuan ultramafik seperti mineral olivin dan piroksin. Mineral olivin dapat menghasilkan mineral sekunder seperti mineral krisotil, magnetit, saponit, nontronit, silika amorf, dan goetit, sedangkan mineral piroksin sebagai mineral primer akan menghasilkan mineral sekunder seperti mineral talk, smektit, dan goetit. Kemudian mineral serpentin sebagai mineral primer akan menghasilkan mineral sekunder seperti mineral smektit dan goetit. Rangkaian pembentukan mineral sekunder selama proses pembentukan laterit berbeda dengan mineral primer. Pelapukan yang terjadi pada olivin dan piroksin

lebih kompleks daripada serpentin. Hal ini disebabkan tekstur serpentin yang lebih halus dan komposisi kimia yang lebih homogen dari pada olivin dan piroksin (Tardy, 1997). Secara umum, mineral-mineral primer pada batuan ultramafik (bedrock) dapat menghasilkan mineral sekunder, sebagai berikut (Nahon et al., 1990):

1. Olivin menjadi krisotil, magnetit, saponit, nontronit, silika, amorf dan goetit.
2. Piroksin menjadi talk, smektit dan goetit.
3. Serpentin menjadi smektit dan goetit.

Mineral primer pada batuan ultramafik yang menghasilkan mineral sekunder dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.3 Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan dasar (batuan ultramafik) (Nahon et al., 1992).

Pelapukan pada batuan ultramafik menyebabkan unsur dan senyawa yang terdapat dalam batuan yang memiliki mobilitas tinggi akan terendapkan pada bagian bawah endapan laterit, sedangkan unsur dan senyawa yang memiliki mobilitas rendah akan mengalami pengkayaan residual dan terendapkan pada

bagian atas endapan laterit. Hal ini akan mempengaruhi komposisi mineralogi dan kelimpahan setiap unsur selama proses pelapukan endapan laterit (Ahmad, 2008).

2.3.2 Geokimia Endapan Nikel Laterit

Profil geokimia endapan nikel laterit merupakan gambaran dari suatu kondisi bahwa perilaku atau kecenderungan pola kelimpahan unsur ke arah bawah dan permukaan yang dipengaruhi oleh proses lateritisasi. Perilaku tersebut dipengaruhi oleh mobilitas unsur dan senyawa pada profil nikel laterit yang diketahui dari tingkat unsur dan senyawa tertentu yang mengalami perpindahan akibat aliran air tanah. Perilaku yang terjadi selama proses lateritisasi berlangsung pada proses pelindian, proses pengayaan supergen, serta residual unsur (Ahmad, 2008).

Analisis geokimia banyak digunakan untuk mengetahui kadar unsur dalam bentuk oksida mayor dan unsur tunggal seperti Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe dan juga menganalisis unsur-unsur minor dan unsur jejak, di antaranya Rb, Sr, Y, Nb, Zr, Cr, Ni, Cu, Zn, Ga, Ba, Pb, Th, La, Ce, Nd, Sm (Wilson, 1989). Lebih dari 99 % batuan terbentuk oleh 11 elemen senyawa utama oksida di antaranya SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, dan P₂O₅ (Best, 2003). Masing-masing zona profil nikel laterit ini mempunyai komposisi kimia unsur dan senyawa mayor dengan kandungan lebih besar dari 5% serta unsur dan senyawa minor dengan kandungan yang umumnya kurang dari 3%. Senyawa kimia mayor berupa MgO, FeO, SiO₂, Al₂O₃ serta unsur dan senyawa minor berupa Ni, Co, Cr₂O₃, MnO, CaO (Ahmad, 2005).

Selama proses pelapukan berlangsung, beberapa elemen akan tercuci dan elemen lainnya akan terkonsentrasi melalui pengayaan sekunder atau residual. Sebuah pengukuran mobile element pada endapan Ni laterit melalui tingkat perpindahan elemen terhadap aliran air. Berikut tabel 2.3 merupakan tabel klasifikasi mobile element pada endapan Ni laterit.

Tabel 2.2 Klasifikasi Imobile element pada endapan Ni laterit (Ahmad,2006)

Mobile Element	Semi-Mobile Element	Non-Mobile Element
Ca	Ni ²⁺	Al
Na	Co ²⁺	Fe
Mg	Cr ³⁺	Cr
K	Mn ²⁺	Ti
Si		Mn